

A ESCOLHA DE NÃO SER DISCRETO: DISCUTINDO A UTILIZAÇÃO DE MODELOS DISCRETOS CONTINUOS NO TRANSPORTE DE CARGA

Rodrigo Javier Tapia
Ana Margarita Larranaga

Helena Beatriz Cybis
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Laboratorio de Sistemas de Transporte

Gerard de Jong
University of Leeds
Institute for Transport Studies

RESUMO

O transporte de carga tem utilizado os modelos herdados do transporte de passageiros e com eles todos seus pressupostos tradicionais. Mas são todos eles válidos? O presente artigo visa discutir sobre um dos pressupostos menos contestados neste processo de modelagem: a da exclusividade mútua das alternativas no contexto do transporte de carga. Para isso, este artigo apresenta uma aplicação de *Multiple Discrete Extreme Value Model* (MDCEV) para a escolha de modo e porto para os consolidadores de grãos na Argentina. O modelo é desenvolvido a partir de uma pesquisa de Preferencia Declarada que permitia a escolha de mais de uma alternativa simultaneamente. A escolha é descrita pelo Tempo de Viagem, Tempo de Espera do Serviço, Preço de venda no porto e Custo do Frete. O MDCEV permitiu obter informação sobre o efeito da saciedade das diferentes alternativas. De esta maneira, o MDCEV pode ser uma ferramenta valiosa para a modelagem de escolhas táticas e estratégicas.

ABSTRACT

Freight transport has historically inherited the passage transport framework and model assumptions. But, are all of them valid? This paper discusses one of the least discussed assumptions: the mutual exclusiveness of alternatives in the freight context. To do so, a Multiple Discrete Extreme Value Model (MDCEV) has been used to describe the behavior of grain consolidators with data from a stated preference survey that allowed multiple alternatives to be chosen simultaneously. The choice is described by the Travel Time, Lead Time, Price paid in the port and Freight Price. The MDCEV gave insights regarding the satiation behavior of the grain consolidators. This way, the MDCEV can become a valuable tool for modeling tactical and strategic choices.

KEYWORDS: *Multiple discrete extreme value model; Transporte de carga; transporte de grãos; Argentina*

1. INTRODUÇÃO

Os modelos de transporte de carga têm se desenvolvido a um ritmo menor do que os modelos de transporte de passageiros, especialmente o que se refere aos modelos comportamentais (Hensher e Figliozzi, 2007). Este desenvolvimento contrasta com a crescente relevância do transporte de carga, tanto para o desenvolvimento econômico como para o câmbio climático.

Dentre os motivos mais citados pelo menor desenvolvimento dos modelos de transporte de carga se encontra principalmente a maior dificuldade para a obtenção de dados desagregados devido à natureza comercialmente sensível da informação gerada (Brooks e Trifts, 2008; Rashidi e Roorda, 2018). Como consequência, os modelos que são usados para estudar a divisão modal (e outras escolhas) no transporte de carga tendem a ser agregados, o que limita sua interpretação comportamental (Ellison *et al.*, 2017; Pourabdollahi *et al.*, 2013).

Essa limitação assume maior importância à luz da crescente complexidade das cadeias de suprimento. As cadeias de suprimento modernas possuem um maior número de atores relevantes, interações mais complexas de produtos e escolhas do que anteriormente. Neste contexto toma maior força a necessidade de contar com modelos desagregados que permitam

incorporar este comportamento (Arunotayanun e Polak, 2009; Chow *et al.*, 2010; de Jong *et al.*, 2013; Hensher e Figliozzi, 2007).

Devido à falta de desenvolvimento de modelos específicos para o transporte de carga, os estudos de carga têm adotado os modelos de escolhas do transporte de passageiros. Especificamente, os estudos têm adaptado os modelos de escolha discreta para o contexto de carga (Chow *et al.*, 2010; Danielis e Marcucci, 2007; de Jong *et al.*, 2013; Rich *et al.*, 2009; Vellay e de Jong, 2003). Portanto, os pressupostos básicos dos modelos de escolha discreta também foram incorporados nos estudos de carga, sendo que esses supostos não se verificam e podem até invalidar os resultados. O pressuposto mais básico refere-se ao processo de escolha e às características das alternativas a serem escolhidas. Na teoria microeconômica que embasa os modelos de escolha discreta determina que as alternativas devem ser coletivamente exaustivas (todas as alternativas possíveis para uma escolha) e mutuamente exclusivas (a escolha de uma alternativa satisfaz a escolha) (Train, 2003). Entretanto os estudos de carga podem ter uma complexidade maior devido às diferentes níveis de planejamento e agregação das escolhas. Assim, a utilização de modelos alternativos é necessária.

Existem modelos de escolha que se afastam da exclusividade das alternativas, como por exemplo, os *multiple discrete models* (MD) (Hendel, 1999). Nestes modelos, mais de uma alternativa pode ser escolhida simultaneamente, quebrando a exclusividade das alternativas. Dentro deste tipo de modelos destaca-se o *Multiple Discrete Extreme Value Model* (MDCEV) (Bhat, 2005, 2008). Este tipo de modelos permite modelar que alternativas são escolhidas (parte discreta) e com que intensidade são escolhidas (parte contínua).

Assim, este artigo contribui na proposição e estimação de modelos de escolha para transporte de carga, alternativos aos modelos de escolha discreta tradicionalmente utilizados na modelagem de transporte de passageiros. O objetivo deste artigo é analisar e discutir a natureza das escolhas no transporte de carga, avaliando a existência de casos onde a exclusividade das alternativas não é cumprida. Adicionalmente, será apresentado o caso de escolha de modo e destino de transporte de grãos na Argentina, modelado sob a ótica do MDCEV para ilustrar como novos conhecimentos sobre o transporte de carga podem ser obtidos com este novo foco. Para isso foi utilizado um estudo de preferência declarada para os consolidadores de grãos nas principais áreas produtivas da Argentina.

O resto do artigo é estruturado da seguinte maneira. A seção 2 apresenta uma revisão da literatura sobre os MD no transporte de passageiros e de carga. A seção 3 apresenta o estudo de caso e os dados a serem usados. A seção 4 apresenta o modelo MDCEV e a seção 5 a discussão sobre o uso de MD no transporte de carga. Finalmente, a seção 6 apresenta as conclusões do artigo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os modelos de escolha tiveram sua introdução com o modelo Multinomial Logit (MNL) pelo McFadden (1973). A partir desse primeiro modelo foram desenvolvidos diferentes modelos econométricos visando resolver diferentes supostos que limitavam a aplicação dele. Por exemplo, o Nested Logit foi desenvolvido para evitar os problemas que provém do suposto de independência de alternativas irrelevantes. Um dos principais pressupostos do modelo é que as alternativas sejam coletivamente exaustivas e mutuamente exclusivas (Train, 2003). Este pressuposto se baseia no conceito que as alternativas são substitutos perfeitos de cada uma.

Para desafiar este pressuposto, surgiram os modelos MD (Hendel, 1999). Embora tenham existido alguns esforços anteriores, como por exemplo Von Haefen & Phaneuf (2005) e Von Haefen et al. (2004), os modelos MD não obtiveram relevância até o *Multiple Discrete Extreme Value Model* (MDCEV) (Bhat, 2005, 2008). O MDCEV oferece uma expressão da verossimilhança simples e consistente com o MNL.

A função utilidade do MDCEV está composto por duas partes. Uma que apresenta a utilidade de base (V_k) e outra dada pelos componentes que regulam a quantidade consumida (γ_k e α_k). Os parâmetros γ_k e α_k são os que regulam a saciedade de cada alternativa, pois atuam como um moderador da utilidade de base ao fazer a utilidade de cada alternativa diminuir por quando a alternativa for utilizada. Devido a que possuem funções similares na função utilidade, o efeito de cada uma não pode ser distinguido e, portanto, somente podem ser estimadas por separado. O perfil gamma é estimado quando o α_k é constante e vice-versa. As funções utilidade e de verossimilhança do MDCEV são apresentadas a continuação (Equação 1 e 2).

$$U(x) = \sum_{k=1}^K \frac{\gamma_k}{\alpha_k} \psi_k \left\{ \left(\frac{x_k}{\gamma_k} + 1 \right)^{\alpha_k} - 1 \right\} \quad (1)$$

$$LL = \sum \left(\frac{1}{\sigma^{M-1}} \left[\prod_{i=1}^M c_i \right] \left[\sum_{i=1}^M \frac{1}{c_i} \right] \left[\frac{\prod_{i=1}^M e^{V_k/\sigma}}{\left(\sum_{k=1}^K e^{V_k/\sigma} \right)} \right] \right) (M-1)! \quad (2)$$

onde $\psi_k = e^{V_k + \epsilon}$, $c_i = \left(\frac{1 - \alpha_i}{\sigma_i + \gamma_i} \right)$, V_k , $\beta_k z_k$ são vetores de coeficientes e atributos, x_k e e_i é a quantidade consumida da alternativa e M é a quantidade de alternativas escolhidas simultaneamente.

O MDCEV teve diferentes aplicações desde seu desenvolvimento. A maior parte se refere a modelos de uso do tempo, onde são estudadas quais atividades são realizadas e quanto tempo é alocado a cada uma (Astroza et al., 2018; Bhat et al., 2006; Calastri et al., 2017; Copperman e Bhat, 2007; Enam et al., 2018; Nurul Habib e Miller, 2008; Paleti et al., 2011; Sikder e Pinjari, 2013; Spissu et al., 2009). Outras aplicações frequentes são relativas ao uso de veículos, onde a variável discreta é qual veículo utilizar (ou comprar) e quantos quilômetros ele é dirigido (Ahn et al., 2008; Bhat e Sen, 2006; Jian et al., 2017; Shin et al., 2012; Tanner e Bolduc, 2014).

No transporte de carga urbana as aplicações são escassas. Algumas aplicações relativas a modelos de uso do tempo se referem à escolha de quando (que faixa horária) uma entrega é realizada e que tipo de rota foi adotada (Khan e Machemehl, 2017a, 2017b). Em relação a modelos de uso de veículos, o MDCEV foi utilizado para analisar a escolha de frota de entrega (Rashidi e Roorda, 2018).

Fora do setor de transportes existem algumas aplicações. O MDCEV foi utilizado para analisar o consumo residencial de combustível (Huh et al., 2018), efeito de promoções no consumo de álcool em supermercados (Lu et al., 2017) e empacotamento (*packaging*) de leite para o consumo (Bonnet e Bouamra-Mechemache, 2016).

Embora o MDCEV não é muito utilizado no transporte de carga (as únicas aplicações encontradas na literatura são as citadas anteriormente), a modelagem de variáveis discretas e contínuas não é uma novidade no setor de cargas. Uma escolha muito relevante no contexto logístico é a escolha do tamanho de envio e do modo de transporte. Os artigos encontrados que modelam esta escolha não utilizam um enquadramento conceitual (*framework*) discreto contínuo, senão aplicam um enfoque sequencial ou discretizam a variável volume em diferentes faixas de valor (Abdelwahab e Sargious, 1992; de Jong e Ben-Akiva, 2007; Holguín-Veras, 2002; Johnson e de Jong, 2011; Mcfaden *et al.*, 1986; Windisch *et al.*, 2010).

3. DADOS

Os dados utilizados para o MDCEV são provenientes de uma pesquisa de preferência declarada (PD) destinada a consolidadores de carga de grãos na Argentina nas principais zonas produtivas do país (Figura 1).

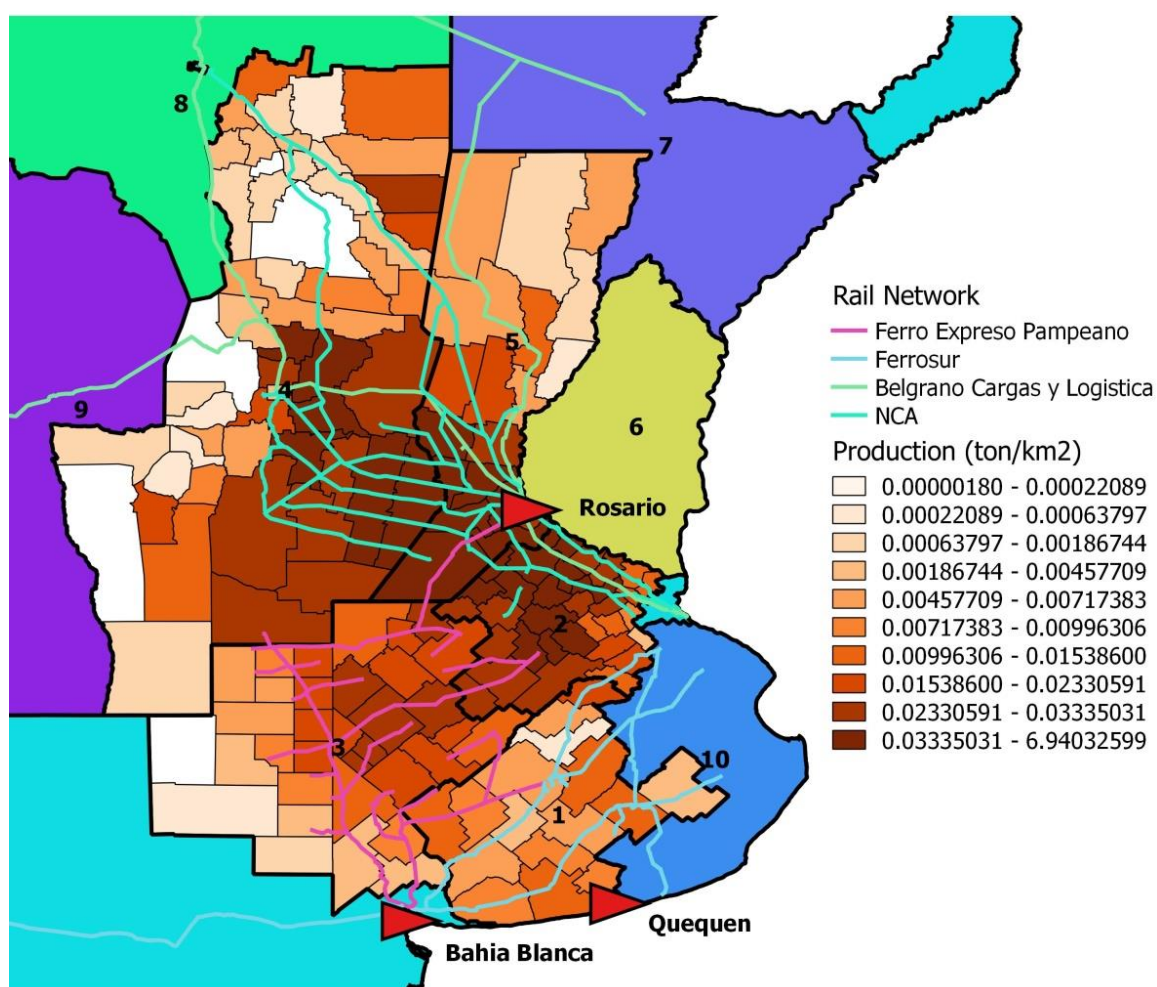


Figura 1 Regiões produtivas de Argentina

A escolha do tomador de decisão no transporte de carga é uma escolha de modelagem importante para os modelos comportamentais de carga. No caso da cadeia produtiva dos grãos na Argentina (Figura 2) foram escolhidos os consolidadores devido a que são os atores centrais que regulam a venda de grãos para os portos ou a indústria. Embora os produtores possam vender diretamente para o destino final, este canal é reservado para alguns grandes produtores e somente quando eles não precisam dos serviços que oferece o consolidador (como secado de

sementes).

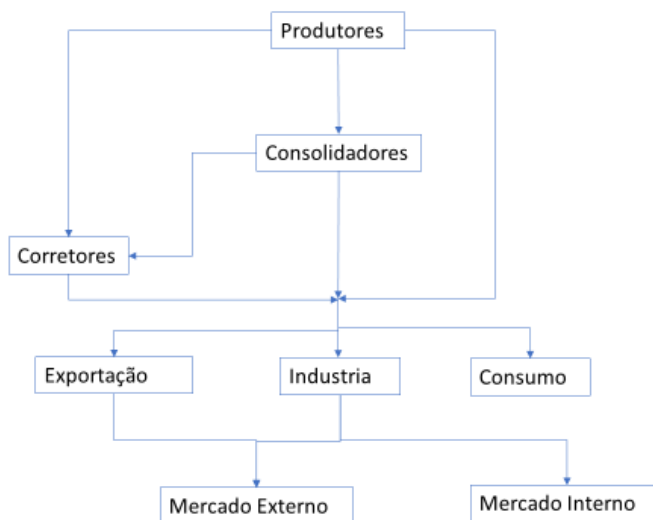


Figura 2 Cadeia de produção de grãos na Argentina (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2009)

Os consolidadores foram apresentados com uma situação de venda de mercadoria para dois portos, podendo ser levados por trem ou por caminhão, totalizando quatro alternativas. Para cada situação, os entrevistados (consolidadores) deviam indicar que porcentagem (variável contínua) de carga alocariam para cada uma das quatro alternativas (variável discreta). A utilização deste tipo de variável resposta permite obter alguma ideia sobre a hipótese de que, pelo menos neste contexto em particular, a escolha não é sempre uma simples alternativa discreta, mas que às vezes tem uma dimensão múltipla. Esta multiplicidade pode ser dada pelo planejamento dos envios para poder satisfazer e manter relacionamentos comerciais com vários clientes.

O projeto de experimentos foi elaborado a partir de um desenho eficiente (Rose e Bliemer, 2009), apresentando 12 cartões por respondente e 6 variáveis a 3 níveis foram testadas. Mais detalhes da pesquisa podem ser consultados em (Tapia, de Jong, *et al.*, 2019), onde o foco foi a obtenção de dados e a comparação entre os modelos discreto contínuos e os que modelos discretos tradicionais. As variáveis utilizadas foram o preço no porto (preço FAS), o preço do frete, o tempo de viagem, o tempo de espera pelo serviço de transporte, a confiabilidade do serviço de transporte e a carga mínima necessária para utilizar o serviço. Adicionalmente, foram formuladas perguntas sobre a empresa, como por exemplo, o tamanho do estabelecimento, a posse ou não de caminhões próprios e a utilização do modo ferroviário para envios anteriores. A figura 3 ilustra um exemplo de situação de escolha apresentado aos consolidadores.

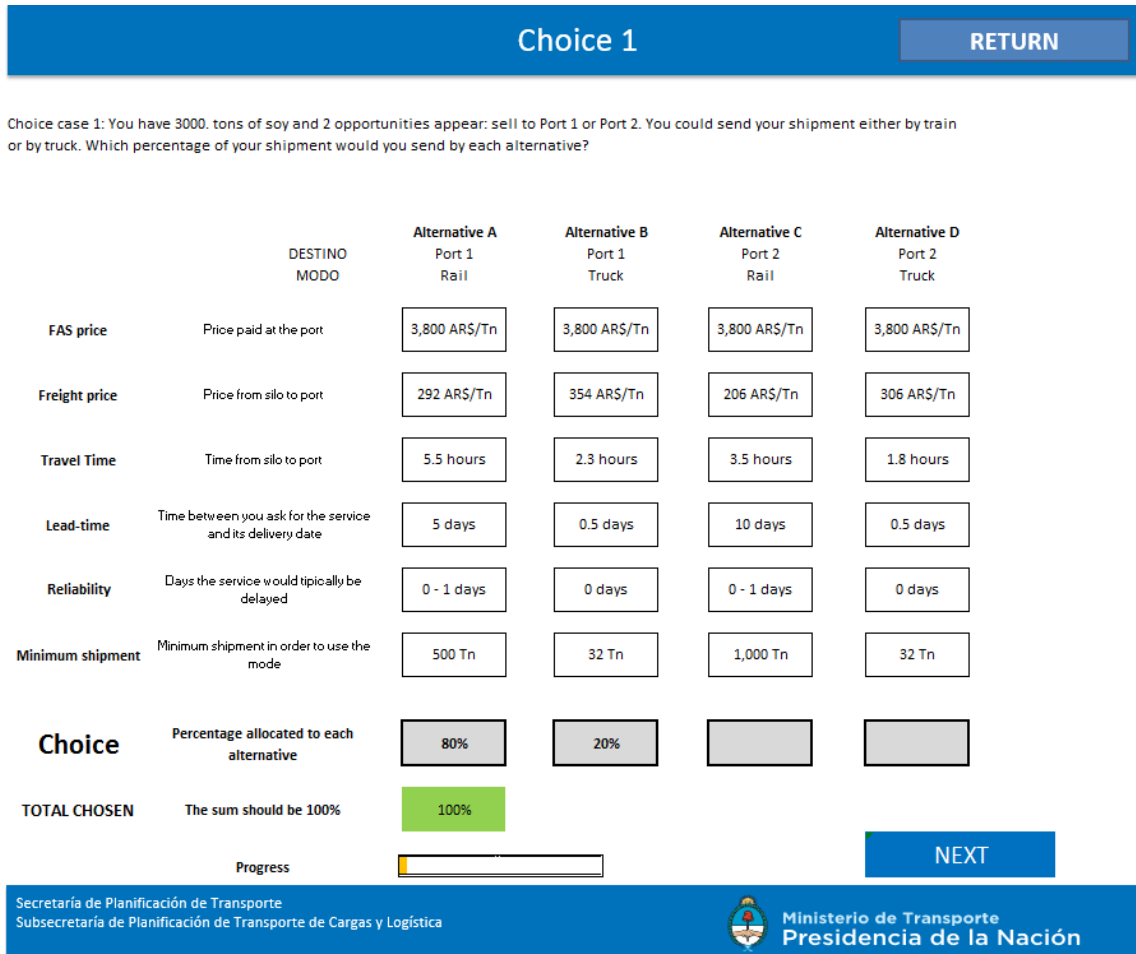


Figura 3. Exemplo de situação de escolha da PD.

A pesquisa foi enviada por e-mail a 467 destinatários e, por causa da baixa quantidade de respostas, 127 deles foram contatados telefonicamente para explicar a importância da pesquisa e dar instruções. Finalmente respostas de 58 consolidadores foram obtidas, totalizando 670 respostas. Embora pareça baixa a quantidade de respondentes, no contexto do transporte de carga resulta uma amostra aceitável (Tapia, dos Santos Senna, *et al.*, 2019).

4. RESULTADOS

A análise das respostas obtidas permitiu verificar que a variável contínua teve uma boa aceitação entre os respondentes. Dos 58 respondentes, só 5 consideraram a escolha como sendo completamente discreta e, em cada situação de escolha apresentada, escolheram uma única alternativa. No total, 15% das observações teve somente uma alternativa escolhida, o que dá força à hipótese de que este tipo de escolhas nem sempre é discreta.

A tabela 1 mostra os resultados da aplicação do MDCEV, utilizando o perfil gamma e considerando o efeito painel. Foram usadas 200 *halton draws* para a obtenção dos modelos mistos. Além dos modelos mistos de coeficientes aleatórios, foram testados modelos de componentes do termo do erro para testar correlações entre as alternativas.

TABELA 1: Resultado do modelo MDCEV

Variável	Parâmetro estimado	Valor t-test
CTE_A	-	
CTE_B	-1.5152	-2
CTE_C	-0.0182	-0,06
CTE_D	-1.5376	-1,76
Tempo de Viagem	-1.2329	-2,68
Tempo de espera	-0.8503	-4,13
Custo do Frete (Média)	-1.3391	-11,37
Custo do Frete Std)*	0.8029	12,23
Preço no Porto (Média)	-1.2115	-5,26
Preço no Porto (Std)	1.0556	6,5
Gamma_A	2.6778	12,25
Gamma_B	2.4269	13,41
Gamma_C	2.8975	14,73
Gamma_D	== to Gamma B	
Gamma_D * propriedade caminhão	0.5497	1,83
N	670	
LL Final	-4907.947	
Adj ρ^2	0.78	

As médias do Preço do Porto e do Custo do Frete são da distribuição normal da distribuição lognormal. O sinal da alternativa foi dado pelos pesquisadores

As variáveis explicativas do modelo foram o Tempo de Viagem, Custo do Frete, o Tempo de Espera pelo serviço e o Preço no Porto. Todas as variáveis tiveram o sinal esperado conforme a teoria microeconômica: quanto maior o tempo, custo do frete e tempo de espera menor utilidade; e quanto maior preço do porto, maior utilidade.

Especificações não lineares foram testadas, utilizando transformações logarítmicas para o Tempo de Espera e para o Tempo de viagem na função de utilidade. Contrariamente ao encontrado na literatura, a confiabilidade não foi estatisticamente significativa. Este resultado pode ser devido à relativa baixa quantidade de respondentes.

Os valores obtidos de disposição ao pago estão dentro dos valores esperados. O valor do tempo obtido pelo MDCEV foi em média de 0.88 US\$/ton/hora. O valor é algo menor ao achado em Tapia et al. (2019), que foi de 1.49 US\$/ton/hora para uma situação similar. Porém, ficou dentro do intervalo de 0.1 to 3.4 US\$/ton/hora, achado em outros artigos (de Jong et al., 2013; Larranaga et al., 2017).

A heterogeneidade aleatória foi capturada com termos de distribuição lognormais para os coeficientes do Preço no Porto e Preço do Frete. A inclusão de lognormais foi preferida frente a distribuições normais devido a que garantem que o sinal do coeficiente seja sempre o mesmo (sempre negativo para o preço do frete e positivo para o preço no porto). Além disso, as lognormais nunca apresentam valor zero, o que evita problemas na estimação de disposição ao pago (Daly et al., 2012).

O MDCEV possui coeficientes específicos para regular a quantidade que as alternativas são consumidas, isto é, o coeficiente gamma. A interpretação deste parâmetro está ligada com a saciedade de cada alternativa. Esta saciedade pode ser interpretada como quanto colabora a alternativa para satisfazer a necessidade que motivou a escolha. O gamma normalmente tem

uma transformação exponencial para garantir que seja sempre positivo, um requisito do modelo.

Quanto maior o valor de γ , menor é a saciedade. Uma menor saciedade está associada com um maior consumo da alternativa. Isto é porque quando ela possui uma utilidade o suficientemente grande como para ser escolhida, ela vai ser utilizada proporcionalmente mais do que uma alternativa com menor saciedade.

No modelo foram estimados parâmetros γ específicos por modo, um para cada alternativa do trem (alternativas A e C) e outro para o caminhão (alternativas B e D). O resultado sugere que a saciedade é maior para o trem do que para o caminhão. Este resultado é esperado devido a que o trem está associado a carregamentos maiores. Adicionalmente, os consolidadores que possuem caminhões evidenciam uma menor saciedade para o caminhão do porto mais próximo (alternativa D). Isto pode refletir a preferência do consolidador pelo uso dos seus próprios caminhões no destino, o qual permite maximizar a rotação dos veículos (um porto mais próximo permite que o caminhão esteja disponível logo para ser utilizado novamente). Estas interpretações do comportamento de escolha são parte das informações adicionais que os modelos discretos contínuos podem fornecer no contexto do transporte de carga. Utilizando a abordagem tradicional de modelos de escolha discreta, essas particularidades não poderiam ser capturadas.

Porém, o uso do MDCEV depende do objetivo procurado na modelagem. A aderência aos pressupostos dos modelos é importante na hora de analisar as relações entre as magnitudes dos parâmetros, como por exemplo, no cálculo dos coeficientes de disposição ao pago (valor do tempo). Para esse tipo de cálculo é fundamental a utilização dos modelos adequados, de modo a capturar o comportamento de escolha de uma melhor forma e reduzir o viés nas estimações. Embora as vantagens apresentadas, o modelo MDCEV não tem geralmente um bom desempenho quando usado para previsões (Jäggi *et al.*, 2013; Tapia, de Jong, *et al.*, 2019). Como causa, pode ser apontada a dificuldade do modelo em obter uma boa acurácia na parte discreta da previsão. Bhat (2018) apontou a que o causante é que a utilidade que modela a parte discreta é a mesma que a contínua, pelo que desenvolveu um novo MDCEV separando as duas funções de utilidade. Este novo modelo só foi desenvolvido para casos onde existe um *outside good*, uma alternativa que é escolhida em todas as situações, pelo que não pode ser aplicado neste estudo de caso.

5. DISCUSSÃO

As implicações de utilizar um modelo que permita escolher múltiplas alternativas vai além da interpretação de um novo parâmetro ou uma melhor interpretação do comportamento dos tomadores de decisão. Invalidar o conceito de exclusividade na escolha significa dizer que as alternativas não são substitutos perfeitos e, portanto, os modelos tradicionais não conseguem diretamente contemplar as complexidades da tomada de decisão. O fato de não serem substitutos perfeitos não pode invalidar as aplicações de muitos modelos, senão incorporar uma maior complexidade na situação de escolha.

No transporte de passageiros é mais provável que as alternativas sejam substitutos perfeitos, pois as dimensões e horizontes de escolha são curtos. Geralmente, os modelos comportamentais de passageiros tendem a analisar uma escolha pontual, onde devido às características da viagem, só uma alternativa pode ser escolhida.

O transporte de carga tem suas particularidades que permitem a complementariedade das alternativas de transporte. A mais importante se refere a que as decisões dependem do período de tempo considerado (Lóránt Tavasszy e de Jong, 2014). Uma escolha modal pode ser interpretada como um vendedor levando sua mercadoria para o comprador, uma decisão operacional de curto prazo. Mas se for considerada a estratégia comercial de uma empresa, já atuando numa dimensão estratégica de planejamento, a natureza da escolha muda.

Na estratégia comercial, tipicamente abrangendo vários meses, mais de uma venda e modo de transporte são considerados e, portanto, mais de um modo pode ser escolhido. Neste caso, volumes podem ser alocados a mais de uma alternativa de forma consciente, já que nesta etapa tipicamente são estabelecidos contratos de transporte. A utilização de mais de um modo de transporte poderia reduzir o risco de interrupção, estimular o relacionamento comercial com várias empresas de transporte ou explorar as complementariedades dos diferentes modos. A complementariedade entre o trem e o caminhão, como é o caso da aplicação neste artigo, pode estar dada pelo menor custo do trem e uma maior velocidade e capacidade de resposta do caminhão. Por médio de planejar os volumes agregados podem ser diagramados os esforços de consolidação de carga para completar as formações do trem e ter capacidade de reagir ante variações na demanda.

Mesmo que no transporte de passageiros os comportamentos possam ser agregados em um horizonte temporal, existem diferenças em como são realizadas as escolhas. Enquanto no transporte de passageiros a agregação vem dada por uma sequência de decisões -discretas-individuais, no transporte de carga podem ser realizadas simultaneamente num mesmo momento e de maneira consciente.

O estudo de decisões que abrangem um período temporal maior se apresenta como uma grande oportunidade para o estudo do comportamento dos diferentes atores do transporte de carga. Podem ser analisadas escolhas tanto de modo e destino, como o presente artigo, ou outras escolhas mais complexas, como a localização de fábricas em diferentes localidades/países (*dual sourcing*) (Yu *et al.*, 2009)). Neste contexto a complementariedade pode ser dada em localizar (ou produzir uma determinada quantidade de produtos) uma fábrica onde os custos de mão de obra ou matéria prima sejam baixos, ou localizar num local mais perto do cliente e assim reduzir o tempo de atendimento.

O principal desafio na hora de enfrentar as novas complexidades na modelagem de transporte de carga está relacionado com a disponibilidade e a qualidade dos dados. Obter dados de preferência declarada ou revelada tem mostrado ser complexo, principalmente devido a dois motivos. Primeiro, as empresas não dão prioridade a responder a pesquisa o fornecer dados. Segundo, sigilo na divulgação de informações, por temor a que possa ser usada pela competência. Porém, no caso da preferência revelada, novas fontes de dados oferecem uma oportunidade para obter informações. O surgimento de grandes bases de dados (*big data* e *ubiquitous data*) tem provado ser disruptivo no que se refere a tipos de modelos usados em transporte de passageiros e possuem o potencial para ter o mesmo efeito no transporte de carga. Como exemplos destacam-se a aparição de dados de origem fiscal (Nogueira e Bertoncini, 2018; Tapia, dos Santos Senna, *et al.*, 2019), de localização de facilidades logísticas (Binh, 2017) e pesquisas especiais de organismos de estatística (de Bok e Tavasszy, 2018).

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta um modelo discreto contínuo para modelar a tomada de decisão conjunta entre modo e destino para o transporte de grãos na Argentina. Adicionalmente, discute algumas implicações sobre a flexibilização dos modelos tradicionais de carga.

Além de variáveis tradicionais para modelagem de escolhas (Tempo de Viagem, Tempo de Espera, Preço do Frete e Preço no Porto), foram obtidas variáveis que regulam a saciedade de cada alternativas: o parâmetro γ . O parâmetro γ do MDCEV é quem permite ter uma noção da quantidade de um bem que será consumido, uma vez que este seja escolhido. Os resultados obtidos indicam que o modal ferroviário é utilizado para maiores volumes, em linha com o esperado.

Uma das principais contribuições deste artigo é trazer a discussão sobre um pressuposto pouco tido em consideração no momento da modelagem: a substituição perfeita entre as alternativas. Os modelos discretos são construídos a partir da base conceitual de alternativas coletivamente exaustivas e mutuamente exclusivas. Pressuposto que não sempre é verificado no transporte de carga. Entretanto, este pressuposto foi adotado na maior parte dos modelos de transporte de carga estimados na literatura, utilizando os modelos de escolha discreta para modelagem da carga.

O transporte de carga possui maior complexidade do que o transporte de passageiros. O planejamento dos envios de carga tem diferentes dimensões segundo o nível de planejamento que é analisado. Quanto mais agregadas e a longo prazo são as decisões, mais sentido tem que mais de uma alternativa seja escolhida. Mesmo que em muitos casos tenha sentido deixar o pressuposto de exclusividade das alternativas, não quer dizer que tenha que ser descartado sempre, mas nos casos que seja adotado que seja uma adoção consciente e com vistas às consequências na modelagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelwahab, W. M., e Sargious, M. (1992) Modelling the Demand for Freight Transport: A New Approach. *Journal of Transport Economics and Policy*, 26(1), 49–70.
- Ahn, J., Jeong, G., e Kim, Y. (2008) A forecast of household ownership and use of alternative fuel vehicles: A multiple discrete-continuous choice approach. *Energy Economics*, 30(5), 2091–2104. doi:10.1016/j.eneco.2007.10.003
- Arunotayanun, K., e Polak, J. W. (2009) Accounting for Supply Chain Structures in Modelling Freight Mode Choice Behaviour. *European Transport Conference*, 44(0), 1–19.
- Astroza, S., Bhat, P. C., Bhat, C. R., Pendyala, R. M., e Garikapati, V. M. (2018) Understanding activity engagement across weekdays and weekend days: A multivariate multiple discrete-continuous modeling approach. *Journal of Choice Modelling*, 28(May), 56–70. doi:10.1016/j.jocm.2018.05.004
- Bhat, C. R. (2005) A multiple discrete-continuous extreme value model: Formulation and application to discretionary time-use decisions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 39(8), 679–707. doi:10.1016/j.trb.2004.08.003
- Bhat, C. R. (2008) The multiple discrete-continuous extreme value (MDCEV) model: Role of utility function parameters, identification considerations, and model extensions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(3), 274–303. doi:10.1016/j.trb.2007.06.002
- Bhat, C. R. (2018) A new flexible multiple discrete-continuous extreme value (MDCEV) choice model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 110, 261–279. doi:10.1016/j.trb.2018.02.011
- Bhat, C. R., e Sen, S. (2006) Household vehicle type holdings and usage: An application of the multiple discrete-continuous extreme value (MDCEV) model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40(1), 35–53. doi:10.1016/j.trb.2005.01.003
- Bhat, C. R., Srinivasan, S., e Sen, S. (2006) A joint model for the perfect and imperfect substitute goods case: Application to activity time-use decisions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40(10), 827–

850. doi:10.1016/j.trb.2005.08.004
- Binh, N. T. (2017) *A Multi-Stage Impact Assessment Method for Freight Transport Management Measures*. Technische Universität Darmstadt.
- Bonnet, C., e Bouamra-Mechemache, Z. (2016) Organic Label, Bargaining Power, and Profit-sharing in the French Fluid Milk Market. *American Journal of Agricultural Economics*, 98(1), 113–133. doi:10.1093/ajae/aav047
- Brooks, M. R., e Trifts, V. (2008) Short sea shipping in North America: Understanding the requirements of Atlantic Canadian shippers. *Maritime Policy and Management*, 35(2), 145–158. doi:10.1080/03088830801956805
- Calastri, C., Hess, S., Choudhury, C., Daly, A., e Gabrielli, L. (2017) Mode choice with latent availability and consideration: Theory and a case study. *Transportation Research Part B: Methodological*, 123, 374–385. doi:10.1016/j.trb.2017.06.016
- Chow, J. Y. J., Yang, C. H., e Regan, A. C. (2010) State-of-the art of freight forecast modeling: Lessons learned and the road ahead. *Transportation*, 37(6), 1011–1030. doi:10.1007/s11116-010-9281-1
- Copperman, R. B., e Bhat, C. R. (2007) An analysis of the determinants of children's weekend physical activity participation. *Transportation*, 34(1), 67–87. doi:10.1007/s11116-006-0005-5
- Daly, A., Hess, S., e Train, K. (2012) Assuring finite moments for willingness to pay in random coefficient models. *Transportation*, 39(1), 19–31. doi:10.1007/s11116-011-9331-3
- Danielis, R., e Marcucci, E. (2007) Attribute cut-offs in freight service selection. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(5), 506–515. doi:10.1016/j.tre.2005.10.002
- de Bok, M., e Tavasszy, L. (2018) An empirical agent-based simulation system for urban goods transport (MASS-GT). *Procedia Computer Science*, 130, 126–133. doi:10.1016/j.procs.2018.04.021
- de Jong, G., e Ben-Akiva, M. (2007) A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(9), 950–965. doi:10.1016/j.trb.2007.05.002
- de Jong, G., Vierth, I., Tavasszy, L., e Ben-Akiva, M. (2013) Recent developments in national and international freight transport models within Europe. *Transportation*, 40(2), 347–371. doi:10.1007/s11116-012-9422-9
- Ellison, R. B., Teye, C., e Hensher, D. A. (2017) Commodity-based heavy vehicle model for Greater Sydney. *5th International Choice Modelling Conference*. Cape Town, South Africa.
- Enam, A., Konduri, K. C., Eluru, N., e Ravulaparthi, S. (2018) Relationship between well-being and daily time use of elderly: evidence from the disabilities and use of time survey. *Transportation*, 45(6), 1783–1810. doi:10.1007/s11116-017-9821-z
- Hendel, I. (1999) Estimating Multiple-Discrete Choice Models: An Application to Computerization Returns Author(s) Estimating Multiple-Discrete Choice Models: An Application to Computerization Returns. *Review of Economic Studies*, 66(66), 423–446. doi:10.1111/1467-937X.00093
- Hensher, D., e Figliozzi, M. A. (2007) Behavioural insights into the modelling of freight transportation and distribution systems. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(9), 921–923. doi:10.1016/j.trb.2007.04.002
- Holguín-Veras, J. (2002) Revealed Preference Analysis of Commercial Vehicle Choice Process. *Journal of Transportation Engineering*, 128(August), 336–346.
- Huh, S. Y., Lee, H., Shin, J., Lee, D., e Jang, J. (2018) Inter-fuel substitution path analysis of the korea cement industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(June 2017), 4091–4099. doi:10.1016/j.rser.2017.10.065
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2009) Análisis de la cadena de soja en Argentina. *Proyecto Específico 2742: Economía de las Cadenas Agroalimentarias y Agroindustriales*, 119.
- Jäggi, B., Weis, C., e Axhausen, K. W. (2013) Stated response and multiple discrete-continuous choice models: Analyses of residuals. *Journal of Choice Modelling*, 6, 44–59. doi:10.1016/j.jocm.2013.04.005
- Jian, S., Rashidi, T. H., e Dixit, V. (2017) An analysis of carsharing vehicle choice and utilization patterns using multiple discrete-continuous extreme value (MDCEV) models. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 103, 362–376. doi:10.1016/j.tra.2017.06.012
- Johnson, D., e de Jong, G. (2011) Heterogeneous response to transport cost and time and model specification in freight mode and shipment size choice. *International Choice Modelling Conference*.
- Khan, M., e Machemehl, R. (2017a) Commercial vehicles time of day choice behavior in urban areas. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 102, 68–83. doi:10.1016/j.tra.2016.08.024
- Khan, M., e Machemehl, R. (2017b) Analyzing tour chaining patterns of urban commercial vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 102, 84–97. doi:10.1016/j.tra.2016.08.014
- Larranaga, A. M., Arellana, J., e Senna, L. A. (2017) Encouraging intermodality: A stated preference analysis of freight mode choice in Rio Grande do Sul. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 102, 202–211. doi:10.1016/j.tra.2016.10.028

- Lu, H., Hess, S., Daly, A., e Rohr, C. (2017) Measuring the impact of alcohol multi-buy promotions on consumers' purchase behaviour. *Journal of Choice Modelling*, 24(2014), 75–95. doi:10.1016/j.jocm.2016.05.001
- McFadden, D. (1973) Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. *Frontiers in Econometrics*. doi:10.1108/eb028592
- McFadden, D., Winston, C., e Boersch-supan, A. (1986) Joint estimation of freight transportation decisions under non random sampling. *Daugherty, A. (Ed.), Analytical Studies in Transport Economics* (p. 137–157).
- Nogueira, Í. M., e Bertoincini, B. V. (2018) PROPOSTA DE MÉTODO PARA MODELAR A GERAÇÃO DE VIAGENS INTERMUNICIPAIS DE TRANSPORTE DE CARGAS A PARTIR DE DADOS SECUNDÁRIOS. *32 Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET* (p. 2467–2470). Gramado.
- Nurul Habib, K. M., e Miller, E. J. (2008) Modelling daily activity program generation considering within-day and day-to-day dynamics in activity-travel behaviour. *Transportation*, 35(4), 467–484. doi:10.1007/s11116-008-9166-8
- Paleti, R., Copperman, R. B., e Bhat, C. R. (2011) An empirical analysis of children's after school out-of-home activity-location engagement patterns and time allocation. *Transportation*, 38(2), 273–303. doi:10.1007/s11116-010-9300-2
- Pourabdollahi, Z., Karimi, B., e Mohammadian, A. (2013) Joint Model of Freight Mode and Shipment Size Choice. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2378(312), 84–91. doi:10.3141/2378-09
- Rashidi, T. H., e Roorda, M. J. (2018) A business establishment fleet ownership and composition model. *Transportation*, 45(3), 971–987. doi:10.1007/s11116-017-9758-2
- Rich, J., Holmblad, P. M., e Hansen, C. O. (2009) A weighted logit freight mode-choice model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45(6), 1006–1019. doi:10.1016/j.tre.2009.02.001
- Rose, J. M., e Bliemer, M. C. J. (2009) Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Reviews*, 29(5), 587–617. doi:10.1080/01441640902827623
- Shin, J., Hong, J., Jeong, G., e Lee, J. (2012) Impact of electric vehicles on existing car usage: A mixed multiple discrete-continuous extreme value model approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(2), 138–144. doi:10.1016/j.trd.2011.10.004
- Sikder, S., e Pinjari, A. R. (2013) The benefits of allowing heteroscedastic stochastic distributions in multiple discrete-continuous choice models. *Journal of Choice Modelling*, 9(1), 39–56. doi:10.1016/j.jocm.2013.12.003
- Spissu, E., Pinjari, A. R., Bhat, C. R., Pendyala, R. M., e Axhausen, K. W. (2009) An analysis of weekly out-of-home discretionary activity participation and time-use behavior. *Transportation*, 36(5), 483–510. doi:10.1007/s11116-009-9200-5
- Tanner, R., e Bolduc, D. (2014) The Multiple Discrete-continuous Extreme Value Model (MDCEV) with Fixed Costs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 390–399. doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.072
- Tapia, R. J., de Jong, G., Larranaga, A. M., e Cybis Bettella, H. B. (2019) Exploring multiple discreteness in freight transport . A Multiple Discrete Extreme Value Model application for grain consolidators in Argentina. *TRB 2019 Annual Meeting* (p. 1–16).
- Tapia, R. J., dos Santos Senna, L. A., Larranaga, A. M., e Cybis, H. B. B. (2019) Joint mode and port choice for soy production in Buenos Aires province, Argentina. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 121, 100–118. doi:10.1016/j.tre.2018.04.010
- Tavasszy, L., e de Jong, G. (2014) *Modelling Freight Transport*. (L. Tavasszy & G. de Jong, Eds) *Modelling Freight Transport*. Elsevier Inc.
- Train, K. (2003) *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press, 1–388. doi:10.1017/CBO9780511753930
- Vellay, C., e de Jong, G. (2003) A simultaneous SP/RP Analysis of Mode Choice in Freight Transport in the Region Nord-Pas-de-Calais.
- Von Haefen, R. H., e Phaneuf, D. J. (2005) Kuhn-Tucker Demand System Approaches To Non-Market Valuation. *Applications of Simulation Methods in Enviromental and Resource Economics*. Spri.
- Von Haefen, R. H., Phaneuf, D. J., e Parsons, G. R. (2004) Estimation and Welfare Analysis With Large Demand Systems. *Journal of Business and Economic Statistics*, 22(2), 194–205. doi:10.1198/073500104000000082
- Windisch, E., De Jong, G., Van Nes, R., e Hoogendoorn, S. P. (2010) A Disaggregate freight transport model of transport chain and shipment size choice. *European Transport Conference*, (Abdelwahab 1998).
- Yu, H., Zeng, A. Z., e Zhao, L. (2009) Single or dual sourcing: decision-making in the presence of supply chain disruption risks. *Omega*, 37(4), 788–800. doi:10.1016/j.omega.2008.05.006